

¹Омский государственный
технический университет,
г. Омск

²Омский государственный
университет им. Ф. М. Достоевского,
г. Омск

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ КОНТАКТА Pd-*n*-GaAs С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ

Рассмотрены структура и методика изготовления фотоэлемента на основе контакта Pd-*n*-GaAs с барьером Шоттки. Измерены ВАХ фотоэлементов, их C-V-характеристики, спектры фото-э.д.с. и тока короткого замыкания, и определена высота барьера Шоттки ϕ_{Bn} контактов Pd-*n*⁺-GaAs фотоэлектрическим методом. Показано, что отжиг структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на *n*-слой GaAs приводит: к уменьшению на два порядка прямых $I_{пр}$ и обратных токов $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В), уменьшению на три порядка плотности тока насыщения J_0 , уменьшению емкостей фотоэлементов до значений (241–233) пФ при обратных напряжениях (0,22–0,96) В, уменьшению тока короткого замыкания фотоэлементов и к увеличению их фото-э.д.с., что связано с образованием тонкого слоя диэлектрика на *n*-слое при отжиге структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе.

Ключевые слова: способ изготовления фотоэлемента, арсенид галлия *n*-типа, контакты с барьером Шоттки.

Введение. Арсенид галлия давно привлекает внимание исследователей как перспективный материал для микроэлектроники, так как он обладает высокой (в шесть раз большей, чем в кремнии) подвижностью электронов и большой шириной запрещенной зоны, что является необходимым условием работоспособности структур при повышенных температурах. Пластины GaAs могут обладать очень высокими значениями удельного сопротивления. Это позволяет использовать такой материал в качестве диэлектрика в интегральных схемах, предназначенных для работы в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн, и для изоляции структур в цифровых интегральных схемах [1, 2].

Однако определенный недостаток арсенида галлия заключается в том, что он является двухкомпонентным соединением. В связи с этим приходится понижать максимальные температуры во время технологических процессов, предотвращая тем самым диссоциацию поверхности структур. Легирование с помощью процесса диффузии, нашедшее широкое применение при производстве кремниевых приборов, оказалось практи-

чески неприемлемым при использовании GaAs. Естественный оксид арсенида галлия не является стабильным соединением, что у кремния явилось важным фактором при создании технологии производства кремниевых МОП-транзисторов. Поверхность GaAs более восприимчива к воздействию различных химических веществ [3, 4], используемых в технологических процессах, что требует в ряде случаев разработки нового подхода к реализации этих процессов.

Несмотря на эти недостатки арсенида галлия, исследования и разработки как технологии изготовления и свойств арсенида галлия, так и различных приборов на его основе (начатые в начале 60-х годов) продолжают уже более 50 лет [5–10], включая исследования структур с барьером Шоттки на основе арсенида галлия с различными материалами барьерообразующего контакта [7, 8]. Одной из таких структур является структура Pd-*n*-GaAs с барьером Шоттки, применяемая в сенсорах водорода и содержащая тонкий оксидный слой на границе раздела металл – полупроводник [11–16]. Возможно, реакции Pd с GaAs на границе раздела металл – полупроводник

при повышенных температурах [17–22] явились причинами снижения интереса к контакту полупрозрачная пленка Pd-*n*-GaAs и фактического отсутствия работ, связанных с исследованиями фотоэлектрических свойств фотоэлементов на основе этого контакта, которым посвящена настоящая работа.

Экспериментальные методики и результаты. В данной работе для изготовления четырех экспериментальных образцов использовались две эпитаксиальные структуры *n-n⁺*-GaAs ориентации (100) с концентрацией доноров в *n*-слое $(2,4–2,6) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, которые были разрезаны на образцы с размерами $8 \times 12 \text{ мм}^2$. Один из прямоугольных уголков (с длиной катета 1 мм) каждого образца был срезан для визуальной фиксации поверхности *n*-слоя. Непосредственно перед вакуумным осаждением металла омических контактов образцы промывались в этиловом спирте и ацетоне, очищались в растворе $\text{HF} + \text{H}_2\text{O}$ (1:1) в течение 70–80 секунд с последующей промывкой в дистиллированной воде и ацетоне. Затем образцы помещались в свободную металлическую маску с прямоугольными отверстиями, которую устанавливали в вакуумную камеру установки УВН 2М1. Вакуумную камеру откачивали до давления остаточных газов $(1,5–2) \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$, отжигали образцы в вакууме в течение 10–15 минут при температуре 120 °С и после этого при этой температуре выполняли локальное осаждение на поверхность *n⁺*-слоя четырех образцов GaAs тонкой пленки сплава Au-Ge (88 % Au + 12 % Ge) толщиной 110 нм в виде полос с размерами $6 \times 10 \text{ мм}^2$ путем испарения сплава из углеродного испарителя (углеродный стержень длиной 100 мм и диаметром 6 мм с продольной канавкой сечением $2 \times 2 \text{ мм}^2$, в центре которой размещалась вставка длиной 20 мм из W проволоки диаметром 0,8 мм). Затем образцы GaAs с осажденными контактами из сплава Au-Ge отжигали в вакуумной камере (давление — $(1,5–2) \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$) при температуре 480 °С в течение 1 минуты в кварцевой трубчатой печи сопротивления, что обеспечивало образование омического контакта к *n⁺*-слою каждого образца.

Перед вакуумным осаждением металла барьерных электродов два образца из четырех образцов с изготовленными омическими контактами из сплава Au-Ge были дополнительно подвергнуты термическому отжигу в воздухе в кварцевой трубчатой печи сопротивления при температуре (200–210) °С в течение 30 минут.

Барьерные контакты Pd-*n-n⁺*-GaAs были созданы путем вакуумного испарения палладия из вновь изготовленного вольфрамового испарителя (четыре W проволоки длиной 65 мм и диаметром 0,8 мм, соединенные параллельно на всей длине испарителя), который предварительно отжигался в глубоком вакууме при 1200–1400 °С. Перед вакуумным осаждением палладия на поверхность *n*-слоя четырех образцов их перекадывали в свободную металлическую маску с отверстиями диаметром 4 мм, которую устанавливали в вакуумную камеру и при давлении остаточных газов $(1,5–2) \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$ отжигали образцы в вакууме в течение 10–12 минут при температуре 140 °С. После этого при такой температуре выполняли локальное осаждение

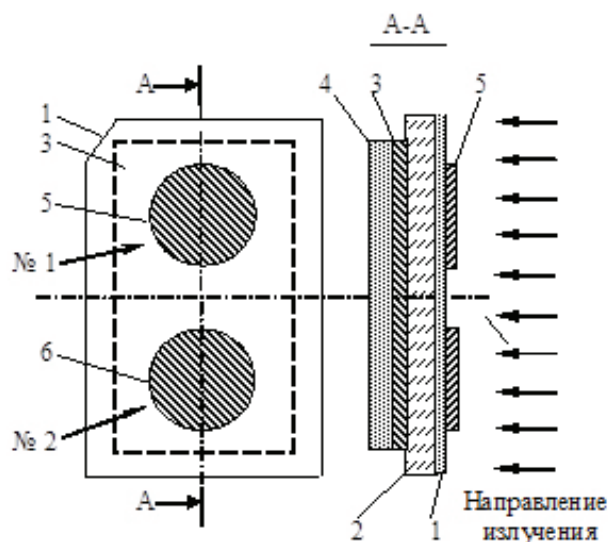


Рис. 1. Вид на экспериментальный образец со стороны контактов Pd-*n-n⁺*-GaAs и его сечение по А-А:

- 1 — *n*-слой GaAs; 2 — *n⁺*-слой GaAs;
3 — омический контакт Au-Ge к *n⁺*-слою GaAs;
4 — слой Al на омическом контакте Au-Ge к *n⁺*-слою GaAs; 5 и 6 — контакты Pd-*n-n⁺*-GaAs с барьером Шоттки

ние через отверстия в маске тонкой пленки Pd с толщиной 5 нм (в виде двух дисков диаметром 4 мм на каждом образце) путем испарения малой навески Pd с массой 11 мг. Затем при давлении остаточных газов $(1,5–2) \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$ и температуре образцов 130 °С осаждали пленку алюминия толщиной 350 нм через прямоугольные отверстия (с размерами $6 \times 10 \text{ мм}^2$) в маске на поверхность металла (Au-Ge) омического контакта образцов.

Таким образом, в результате реализации вышеописанного технологического процесса на каждом образце GaAs были созданы два фотоэлемента, каждый из которых имеет общий омический контакт к *n⁺*-слою и два контакта Pd-*n-n⁺*-GaAs с барьером Шоттки (рис. 1). Следует отметить, что в этом технологическом процессе перед вакуумным нанесением палладия на поверхность *n*-слоя четырех образцов они не подвергались химическому травлению с целью удаления пленки окисла. Поэтому в изготовленных образцах на границе раздела палладий — *n*-слой возможно образование как естественного окисла [16], так и увеличение толщины этого окисла в структуре барьерных контактов двух образцов, которые перед вакуумным осаждением палладия были дополнительно подвергнуты термическому отжигу в воздухе при температуре (200–210) °С в течение 30 минут. Именно с точки зрения влияния дополнительного термического отжига в воздухе на электрические и фотоэлектрические свойства фотоэлементов с такими барьерными контактами рассмотрены ниже свойства всех изготовленных фотоэлементов.

В данной работе были измерены (при $T = 295 \text{ К}$) следующие электрические и фотоэлектрические характеристики фотоэлементов на основе контакта Pd-*n*-GaAs с барьером Шот-

Электрические и фотоэлектрические параметры структур Pd-*n*⁺-GaAs-AuGe

№ фотоэлемента	ВАХ контакта			Емкость контакта	ФЭ метод	Освещение	
	I_{np} , мкА	$I_{обр}$, мкА	J_0	V_1 ; V_2 , В	$\Phi_{Вн}$, В	$V_{хх}$, мВ	$I_{кз}$, мА
	$V=0,5$ В	$V=0,5$ В	А/см ²	C_1 ; C_2 , пФ			
				0,21; 0,96			
12-1	6800	9,2	$1,6 \cdot 10^{-6}$	1737; 1363	1,112	390	0,6
12-2	6800	1,73	$7 \cdot 10^{-9}$	1835; 1431	1,112	395	0,6
22-1	6200	1,36	$2,9 \cdot 10^{-9}$	1709; 1341	1,111	405	0,7
22-2	5700	1,35	$4 \cdot 10^{-9}$	1709; 1341	1,111	404	0,7
				0,22; 0,96			
33-1	22	0,014	$9 \cdot 10^{-12}$	234; 226	1,121	470	0,11
33-2	73	0,018	$9,6 \cdot 10^{-12}$	240; 232	1,12	460	0,12
43-1	70	1,84	$1,7 \cdot 10^{-11}$	249; 242	1,12	465	0,115
43-2	67	0,02	$6 \cdot 10^{-12}$	241; 233	1,121	465	0,13

Примечание: Первая цифра (1, 2, 3, 4) в номере фотоэлемента — номер образца GaAs. Вторая цифра в номере фотоэлемента: 2 — нет дополнительного отжига в воздухе перед осаждением пленки Pd; 3 — дополнительный отжиг образца *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе перед осаждением пленки Pd. Третья цифра в номере фотоэлемента — номер фотоэлемента (1 и 2) на образце GaAs (см. рис. 1).

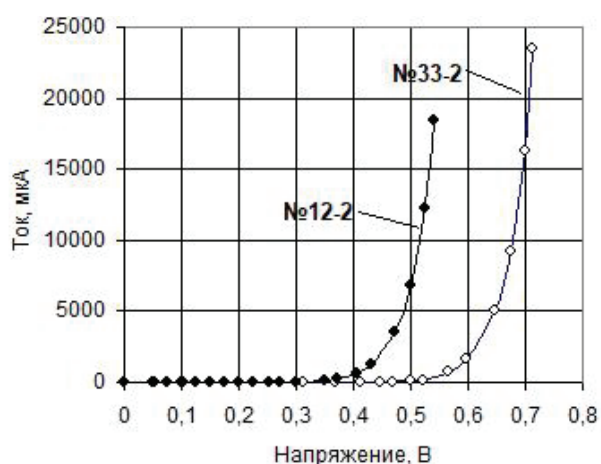


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики фотоэлементов № 12-2 и № 33-2 при прямой полярности приложенного напряжения. Структура *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe фотоэлемента № 33-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на *n*-слой GaAs

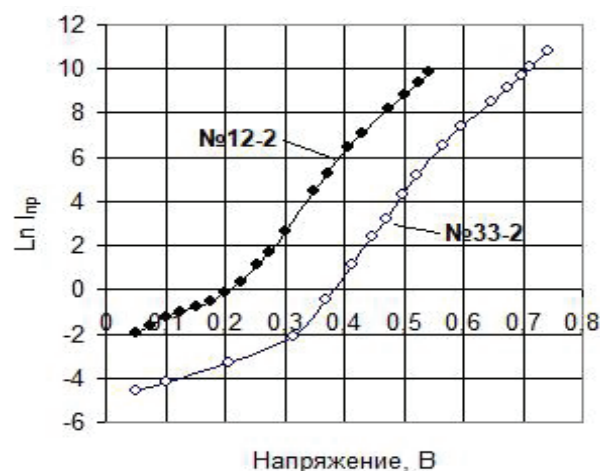


Рис. 3. Зависимости логарифма прямого тока ($\ln I_{np}$) от приложенного напряжения для фотоэлементов № 12-2 и № 33-2. Структура *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe фотоэлемента № 33-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на *n*-слой GaAs

тики: темновые статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) (с помощью мультиметров М890С и МУ-60), С-V-характеристики с использованием высокочастотного измерителя Е7-9, в котором измерение емкости производится на рабочих частотах (700–300) кГц, спектр фотоэ.д.с. в фотовольтаическом режиме (режим холостого хода фотоэлемента) и спектр тока короткого замыкания в фотовольтаическом режиме, и определена высота барьера Шоттки $\Phi_{Вн}$ кон-

тактов Pd-*n*⁺-GaAs фотоэлектрическим методом на основе использования их спектров тока короткого замыкания [23]. Эти характеристики были измерены на восьми фотоэлементах (изготовленных на четырех структурах *n*-*n*⁺-GaAs) с помощью спектрофотометра VSU 2-Р, в котором в качестве источника излучения была применена вольфрамовая лампа накаливания (6 В, 30 Вт). При этом исследуемый фотоэлемент устанавливали в поток излучения в кюветной камере

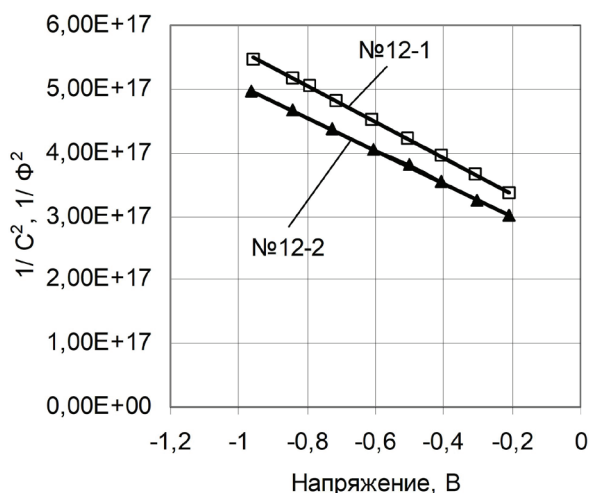


Рис. 4. C-V-характеристики фотоэлементов № 12-1 и № 12-2, расположенных на одном образце GaAs

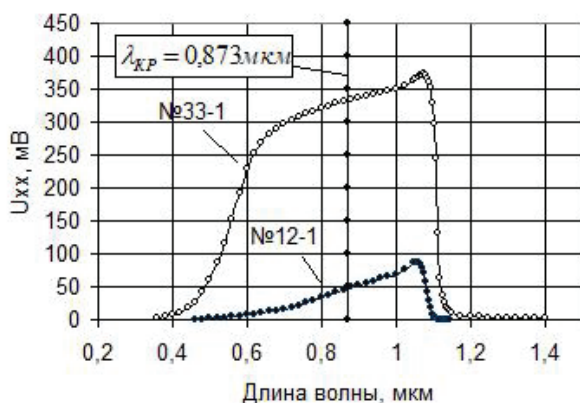


Рис. 5. Спектры фото-э.д.с. фотоэлементов № 12-1 и № 33-1. Структура $n-p^+$ -GaAs-AuGe фотоэлемента № 33-1 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs

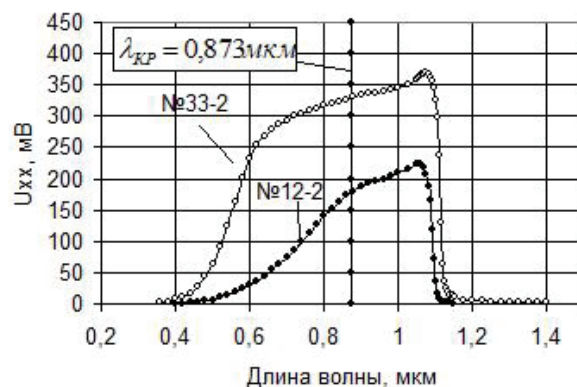


Рис. 6. Спектры фото-э.д.с. фотоэлементов № 12-2 и № 33-2. Структура $n-p^+$ -GaAs-AuGe фотоэлемента № 33-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs

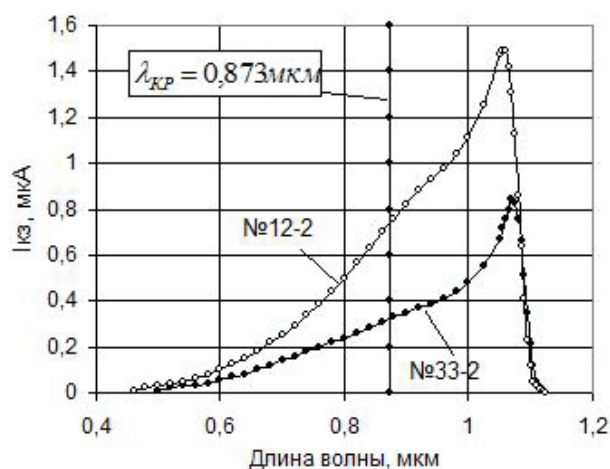


Рис. 7. Спектры тока короткого замыкания фотоэлементов № 12-2 и № 33-2. Структура $n-p^+$ -GaAs-AuGe фотоэлемента № 33-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs

спектрофотометра, а спектр фото-э.д.с. и спектр тока короткого замыкания измеряли с помощью мультиметров M890C и MY-60 соответственно. При измерениях этих спектров ток вольфрамовой лампы поддерживали на неизменном уровне 5,2 А. Кроме этого, были измерены фото-э.д.с. V_{xx} и ток короткого замыкания $I_{кз}$ каждого фотоэлемента при освещении контакта Pd- n -GaAs интегральным светом вольфрамовой лампы накаливания (220 В, 75 Вт) с расстоянием 5 см от нити накала лампы до барьерного контакта, а также определена плотность тока насыщения J_0 на основе использования зависимости логарифма прямого тока ($\ln I_{np}$) от приложенного напряжения V для области, где $V > 3kT/q$, а коэффициент неидеальности не превышает 1,3. При этом пересечение прямой $\ln I_{np}(V)$ с вертикальной осью (в результате линейной экстраполяции к $V=0$) определяет $\ln I_0$ и, следовательно, ток насыщения I_0 и плотность тока насыщения $J_0 = I_0/S$. Результаты измерений указанных выше электрических и фотоэлектрических характеристик фотоэлементов представлены в табл. 1 и на рис. 2–7.

Из представленных в табл. 1 и на рис. 2–4 электрических характеристик фотоэлементов следует, что фотоэлементы № 33-1, № 33-2, № 43-1 и № 43-2, у которых структуры $n-p^+$ -GaAs-AuGe были подвергнуты дополнительному отжигу в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs, имеют: ВАХ, сдвинутые (примерно на 0,18 В) в сторону увеличенных значений приложенных напряжений, уменьшенные на два порядка прямые I_{np} и обратные токи $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В) и уменьшенные на три порядка плотности тока насыщения J_0 . Кроме этого, емкости этих фотоэлементов, измеренные в интервале обратных напряжений (0,22–0,96) В, сильно уменьшаются до значений в интервале (241–233) пФ. Эти экспериментальные факты можно объяснить образованием тонкого слоя диэлектрика (с толщиной около 20 Å) на поверхности n -слоя при дополнительном отжиге структур $n-p^+$ -GaAs-AuGe в воздухе в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs, что приводит к формированию туннельных МДП структур [16,

23]. Измеряемая полная емкость таких структур включает в себя последовательно соединенные емкость обедненного слоя полупроводника и емкость слоя диэлектрика и сложным образом зависит от приложенного напряжения и рабочей частоты переменного сигнала, на которой производится измерение емкости МДП структуры. В частности, при измерении полной емкости МДП структур на повышенных рабочих частотах (выше 100 Гц), что использовалось в данной работе, может иметь место, согласно [23], сильное уменьшение измеряемой полной емкости. Уменьшение на два порядка прямых I_{np} и обратных токов $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В) и уменьшение на три порядка плотностей тока насыщения J_0 связаны с туннельным прохождением тока через слой диэлектрика в фотоэлементах, у которых структуры $n-n^+-GaAs-AuGe$ были подвергнуты дополнительному отжигу в воздухе. Разброс значений этих токов обусловлен неизбежным наличием как краевых токов утечки барьерных контактов, так и токов утечки через дефекты прижимных внешних зондов к барьерным контактам $Pd-n-n^+-GaAs$.

Из представленных на рис. 5–7 спектров фото-э.д.с. и тока короткого замыкания фотоэлементов № 12-1, № 12-2 и № 33-1, № 33-2, освещаемых со стороны полупрозрачного слоя Pd, следует, что они действуют в диапазоне длин волн (0,5–1,1) мкм, т.е. в области спектра, в которой расположена длинноволновая граница GaAs ($\lambda_{кр}=0,873$ мкм) и которая включает в себя участок спектра видимого излучения (0,5–0,8) мкм, в котором, согласно [24], коэффициент поглощения GaAs превышает 10^4 см⁻¹, участок ближней инфракрасной области спектра (0,8–0,873) мкм с коэффициентом поглощения (10^4 – 10^3) см⁻¹ [24] и участок ближней инфракрасной области спектра (0,873–0,954) мкм, в котором коэффициент поглощения GaAs уменьшается от 10^3 см⁻¹ до 2 см⁻¹ [24].

При этом фотоэлементы № 33-1, № 33-2 на основе структур $n-n^+-GaAs-AuGe$, которые были подвергнуты дополнительному отжигу в воздухе перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs, обладают более высокими значениями фото-э.д.с. (рис. 5 и 6) и уменьшенными значениями тока короткого замыкания (рис. 7) по сравнению с фотоэлементами № 12-1, № 12-2 на основе структур $n-n^+-GaAs-AuGe$, которые не подвергались дополнительному отжигу в воздухе перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs. Спектры фото-э.д.с. (рис. 5 и 6) фотоэлементов № 33-1 и № 33-2 (с примерно одинаковыми значениями плотности тока насыщения) одинаковы, а спектры фото-э.д.с. (рис. 5 и 6) фотоэлементов № 12-1 и № 12-2 (с различными значениями плотности тока насыщения (табл. 1)) различны, причем меньшим значениям плотности тока насыщения соответствуют более высокие значения фото-э.д.с., что согласуется с теоретическими выводами, например в [23], которые следуют из анализа ВАХ освещенного фотоэлемента. Кроме этого, как отмечается в [23], при увеличении фото-э.д.с. в фотоэлементах на МДП-структурах уменьшается ток короткого замыкания, что также видно из данных табл. 1 для фото-э.д.с. и тока короткого замыкания при освещении

фотоэлементов интегральным светом вольфрамовой лампы накаливания (220 В, 75 Вт). Фотоэлементы № 33-1, № 33-2, № 43-1 и № 43-2 (с МДП-структурами) имеют увеличенные значения фото-э.д.с., однако их токи короткого замыкания уменьшены в шесть раз, что ведет к уменьшению эффективности преобразования.

Расширение спектров фото-э.д.с. и тока короткого замыкания рассматриваемых фотоэлементов в ближнюю инфракрасную область спектра до $\lambda=1,1$ мкм обусловлено тем, что при освещении фотоэлементов со стороны полупрозрачного слоя Pd (коэффициент пропускания которого равен 0,35) излучение видимой и инфракрасной областей спектра распространяется с частичным поглощением как в слое Pd, так и в n -слое GaAs. В этом случае фотоэлементы действуют как на основе возбуждения электронно-дырочных пар в n -слое GaAs, так и на основе внутренней фотоэмиссии горячих электронов, которые возбуждаются в Pd пленке излучением с длинами волн выше длинноволновой границы GaAs ($\lambda_{кр}=0,873$ мкм) и переходят n -слой GaAs, когда их энергия превышает высоту барьера ϕ_{Bn} контакта $Pd-n-n^+-GaAs$. На основе эффекта внутренней фотоэмиссии горячих электронов в данной работе была определена высота барьера Шоттки ϕ_{Bn} контактов $Pd-n-n^+-GaAs$ (табл. 1) фотоэлектрическим методом [23], при этом были использованы спектры тока короткого замыкания фотоэлементов.

Следует отметить, что при необходимости использования только одного фотоэлемента из рассматриваемых двух фотоэлементов на образце GaAs его можно изготовить путем разделения образца, показанного на рис. 1, методом скрайбирования на два образца с размерами 8×6 мм².

Заключение. Таким образом, в настоящей работе предложена структура и методика изготовления фотоэлемента на основе контакта $Pd-n-GaAs$ с барьером Шоттки. Измерены темновые статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) фотоэлементов, их $C-V$ -характеристики, спектры фото-э.д.с. в фотовольтаическом режиме и спектры тока короткого замыкания в фотовольтаическом режиме, и определена высота барьера Шоттки ϕ_{Bn} контактов $Pd-n-n^+-GaAs$ фотоэлектрическим методом на основе использования их спектров тока короткого замыкания. Показано, что отжиг структур $n-n^+-GaAs-AuGe$ в воздухе при (200–210) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Pd на n -слой GaAs приводит к уменьшению на два порядка прямых I_{np} и обратных токов $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В), уменьшению на три порядка плотности тока насыщения J_0 , уменьшению емкостей фотоэлементов до значений в интервале (241–233) пФ при обратных напряжениях (0,22–0,96) В, уменьшению тока короткого замыкания фотоэлементов и к увеличению их фото-э.д.с., что связано с образованием тонкого слоя диэлектрика на поверхности n -слоя при дополнительном отжиге структур $n-n^+-GaAs-AuGe$ в воздухе.

Библиографический список

1. Арсенид галлия в микроэлектронике: пер. с англ. / Под ред. Н. Айнспрука, У. Уиссмана. М.: Мир, 1988. 555 с.

2. Пенской П. К. Термическое окисление GaAs под воздействием композиций хемостимуляторов Sb_2O_3 , Bi_2O_3 , MnO , MnO_2 с инертными компонентами Ga_2O_3 , Al_2O_3 , Y_2O_3 : дис. ... канд. хим. наук. Воронеж, 2009. 191 с.
3. Кировская И. А., Юрьева А. В., Нор П. Е., Эккерт Р. В., Колесников Л. В., Матяш Ю. И., Корнеев С. А. Примесный и фазовый состав поверхностей полупроводников типа A^3B^5 — материалов для газовых сенсоров датчиков // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 106–110. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-106-110.
4. Кировская И. А., Юрьева А. В., Эккерт А. О., Уманский И. Ю., Колесников Л. В., Матяш Ю. И., Корнеев С. А. Исследование активности поверхности полупроводников типа A^3B^5 . Возможности их использования в сенсорной технике // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 111–115. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-111-115.
5. Лаврентьева Л. Г., Вилисова М. Д., Ивонин И. В. Газофазовая эпитаксия арсенида галлия // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 74–83.
6. Хлудков С. С. Диффузия примесей в арсениде галлия, диффузионные структуры и приборы // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 84–94.
7. Вяткин А. П., Максимова Н. К., Филонов Н. Г. Электрофизические свойства структур с барьером Шоттки на GaAs // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 121–128.
8. Божков В. Г., Лукаш В. С. Полупроводниковые СВЧ-приборы // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 129–138.
9. Толбанов О. П. Детекторы ионизирующих излучений на основе компенсированного арсенида галлия // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 155–163.
10. Вилисов А. А. Светоизлучающие диоды // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 148–154.
11. Nie H. Y., Nannichi Y. Pd-on-GaAs Schottky Contact: Its Barrier Height and Response to Hydrogen // Japanese Journal of Applied Physics. 1991. Vol. 30, no. 5. P. 906–913. DOI: 10.1143/JJAP.30.906.
12. Kang W. P., Gurbuz Y. Comparison and analysis of Pd- and Pt-GaAs Schottky diodes for hydrogen detection // Journal of Applied Physics. 1994. Vol. 75, no. 12. P. 8175–8181. DOI: 10.1063/1.356517.
13. Nie H. Y. Formation and decomposition of hydrogen-related electron traps at hydrogenated Pd/GaAs (n-type) Schottky interfaces // Journal of Applied Physics. 2000. Vol. 87, no. 9. P. 4327–4331. DOI: 10.1063/1.373412.
14. Тихов С. В., Лесников В. П., Подольский В. В. [и др.]. Барьер Шоттки Pd/GaAs как фотодетектор водорода // Журнал технической физики. 1995. Т. 65, № 11. С. 120–125.
15. Тихов С. В., Шоболов Е. Л., Подольский В. В. [и др.]. Влияние водорода на фотоэлектрические свойства диодов Шоттки палладий/анодный окисел/арсенид галлия // Журнал технической физики. 2003. Т. 73, № 2. С. 87–92.
16. Гаман В. И., Дробот П. Н., Карлова Г. Ф. [и др.]. Влияние водорода на вольт-амперные характеристики туннельных МДП-диодов на основе арсенида галлия // Известия высших учебных заведений. Физика. 1998. № 1. С. 69–83.
17. Вяткин А. П. [и др.] Межфазные взаимодействия в системе Pd-GaAs и их влияние на электрические свойства структур с барьером Шоттки // Известия высших учебных заведений. Физика. 1981. № 4. С. 3–7.
18. Красильникова Л. М., Ивонин И. В., Якубена М. П. [и др.]. Процессы твердотельной перекристаллизации в структурах Ni-GaAs, Pd-GaAs // Известия высших учебных заведений. Физика. 1989. № 3. С. 60–65.
19. Olowolafe J. O., Ho P. S., Hovel H. J. [et al.]. Contact reactions in Pd/GaAs junctions // Journal of Applied Physics. 1979. Vol. 50 (2). P. 955–962. DOI: 10.1063/1.326018.
20. Sands T., Keramidias V. G., Yu A. J. [et al.]. Phase formation sequence in the Pd-GaAs system // Materials Research Society. Online Proceedings Library. 1986. Vol. 54. P. 367–372. DOI: 10.1557/PROC-54-367.
21. Kobayashi A., Sakurai T., Hashizume T. An atomistic study of the GaAs-Pd interface // Journal of Applied Physics. 1986. Vol. 59, no. 10. P. 3448–3453. DOI: 10.1063/1.336813.
22. Chuang H. F., Lee C. P., Liu D. C. An Electrical Method to Characterize Thermal Reactions of Pd/GaAs and Ni/GaAs Contacts // Journal of Electronic Materials. 1995. Vol. 24, no. 6. P. 767–772.
23. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2 кн. / пер. с англ. В. А. Гергеля [и др.]; под ред. Р. А. Сурица. М.: Мир, 1984.
Кн. 1. 2-е перераб. и доп. изд. 456 с.
Кн. 2. 2-е перераб. и доп. изд. 456 с.
24. Moss T. S., Hawkins T. D. F. Infrared absorption in gallium arsenide // Infrared Physics. 1961. Vol. 1, Issue 2. P. 111–115. DOI: 10.1016/0020-0891(61)90014-8.

БЛЕСМАН Александр Иосифович, кандидат технических наук, доцент (Россия), заведующий кафедрой «Физика», директор научно-образовательного ресурсного центра «Нанотехнологии» Омского государственного технического университета.

SPIN-код: 6809-3460

AuthorID (РИНЦ): 144661

ORCID: 0000-0003-2837-3469

AuthorID (SCOPUS): 11539204200

ResearcherID: B-3079-2014

Адрес для переписки: physics@omgtu.ru

БУРЛАКОВ Рудирий Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Прикладная и медицинская физика» Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского.

AuthorID (РИНЦ): 37654

Адрес для переписки: burlakovrb@e-mail.omstu.ru

Для цитирования

Блесман А. И., Бурлаков Р. Б. Влияние условий изготовления на электрические и фотоэлектрические свойства фотоэлемента на основе контакта Pd-n-GaAs с барьером Шоттки // Омский научный вестник. 2019. № 3 (165). С. 78–83. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-165-78-83.

Статья поступила в редакцию 03.04.2019 г.

© А. И. Блесман, Р. Б. Бурлаков